



Polona Palma¹,
Anja Kavčič¹

Položaj kolen med počepom z elastičnim trakom

Izvleček

Uporaba elastičnega traku, nameščenega prek distalnega dela stegen, se lahko kot proprioceptivna pomoč uporablja za ohranjanje nevtralnega položaja kolen med izvajanjem počepa. Namen pregleda literature je bil raziskati, ali lahko z nameščanjem elastičnega traku prek distalnega dela stegen vplivamo na položaj kolen in zmanjšamo valgus kolen med počepom. Članke smo iskali v podatkovni zbirki PubMed s ključnimi besedami: squat, knee, elastic band, band loop, knee kinematics, knee valgus in resistance band. Vključitvenim kriterijem je ustrezalo pet raziskav. Zdravi preiskovanci, stari med 20 in 29 let, ki niso imeli valgusa kolen, so izvajali počepe z elastičnimi trakovi z različnimi upori in brez njih, z lastno težo in z olimpijsko palico z dodatnim bremenom. V eni raziskavi so izvajali tudi skoke. Rezultati analiziranih raziskav so pokazali, da elastični trak ne pripomore k zmanjšanju valgusa kolen med počepom. S povečevanjem upora elastičnega traku se povečuje tudi valgus kolen med počepom. Pregledane raziskave so spremljale le akutne učinke elastičnega traku na položaj kolen med počepom, zato bi bilo v prihodnje treba vadbo izvajati dlje časa in spremljati še njene dolgoročne učinke na položaj kolen med počepom.

Ključne besede: valgus kolen, kolenski sklep, elastični trak, počep



witseducation.com

Knee position during squat with elastic band

Abstract

The use of the elastic band placed over the distal part of the thighs as a proprioceptive aid in squats may be used in order to maintain a neutral knee position. The aim of this literature review was to investigate, whether placing the elastic band over the distal part of the thighs influence knee position and reduce knee valgus during squats. A literature search was conducted in the PubMed with the following key words: squat AND knee, elastic band AND squat, band loop AND knee kinematics, knee kinematics AND squat, knee valgus AND squat, knee valgus AND elastic band, resistance band AND squat. Five studies met the inclusion criteria. Healthy subjects without knee valgus, aged between 20 and 29 years performed squats with and without elastic band, at different difficult levels, with their own weight and with an Olympic bar with an additional load. In one study, jumping was also included. The results of the studies indicated that the elastic band does not reduce knee valgus during squats. As the difficulty of the elastic band increases, the knee valgus during the squat also increases. The reviewed research only monitored the acute effects of the elastic band on the position of the knee during the squat, so in the future it would be necessary to perform the exercise for a longer period of time and monitor its long-term effects on knee valgus during the squat.

Keywords: knee valgus, knee joint, elastic band, squat

¹dr. Polona Palma, dipl. fiziot., prof. šp. vzg., Anja Kavčič, dipl. fiziot.

¹Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

■ Uvod

Počep z olimpijsko palico je vaja za krepitev m. quadriceps femoris v zaprti kinetični verigi. Hkrati se med počepom aktivirajo tudi sinergisti giba: m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. gluteus maximus, m. gastrocnemius, m. soleus in m. erector spinae (Slater in Hart, 2016; Isear idr. 1997). Pomanjkanje aktivnosti m. gluteus maximus je ključni mehanizem pri pojavu valgusa kolen, saj se kolčni sklep notranje rotira in olajša premik kolena v valgus (Bell idr., 2012; Hollman idr., 2014). Ena najpogostejših napak pri izvajanju počepa, zlasti pri začetnikih, je znana kot valgus kolen, ki se pogosteje pojavi med koncentrično fazo počepa (Bell idr., 2012; Forman idr., 2021). Gre za prekomerno gibanje kolena v medialni smeri. Če to ni odpravljeno, lahko vodi do različnih poškodb kolenskih struktur, kot so raztrganje sprednje križne vezi (Hewett idr., 2005), degeneracija meniskusa zaradi spremenjenih kompresijskih sil na stegenico in pogačico (Bell idr., 2012) ter patelofemoralni bolečinski sindrom (Kritz idr., 2009; Hollman idr., 2014). Poševna usmerjenost stegenice od kolčnega sklepa proti kolenskemu sklepu je posledica naravnega 125-stopinjskega kotnega nagiba proksimalnega dela stegenice. Ker je sklepna površina proksimalnega dela golenice usmerjena skoraj vodoravno, koleno na svoji lateralni strani tvori kot od približno 170° do 175°. Ta položaj kolena v frontalni ravnini imenujemo valgus kolen. Odstopanja od teh vrednosti so pogost pojav. Lateralni kot, manjši od 170°, se imenuje prekomerni valgus kolen. Ko lateralni kot presega 180°, to imenujemo varus kolen (Neumann, 2002). Valgus kolen se pogosto pojavi pri vadbi proti upor, kot je počep s palico, med eksplozivnim skakanjem (Myer idr., 2006; Geiser idr., 2010), doskoki (Ford idr., 2003; Geiser idr., 2010) in hitrimi spremembami gibanja ter nenadnim zaustavljanjem (Myer idr., 2006). Nepravilno razmerje v jakosti sprednjih in zadnjih stegenskih mišic, šibkost zadnjih stegenskih mišic (More idr., 1993) in/ali zmanjšana dorzalna fleksija gležnja (Macrum idr., 2012) lahko povečajo valgusno obremenitev kolena in zmanjšajo aktivacijo mišice quadriceps femoris (Macrum idr., 2012). Kompenzacijski gibi, ki se pojavijo zaradi prekomerne pronacije subtarnega sklepa, so notranja rotacija, fleksija in addukcija v kolčnem sklepu, valgus v kolenskem sklepu, znižanje medialnega vzdolžnega loka v subtarnem sklepu ter inverzija (supinacija) v tarzalnem sklepu (Neumann, 2002).

Tabela 1

Lastnosti preiskovancev in protokoli testiranja vključenih raziskav

Avtorji	Velikost vzorca in starost preiskovancev	Vključitveni kriteriji	Protokoli testiranja
Foley idr., 2017	N = 16 M; trenirani 25,4 ± 4,4 leta; netrenirani: 22,8 ± 1,6 leta	Trenirani – v zadnjem letu so redno izvajali počepe s palico. Netrenirani – brez izkušenj s počepi s palico, so bili pa sposobni izvesti počep z lastno težo. Vsi so izpolnili vprašalnik PAR-Q+ za ugotavljanje telesne pripravljenosti za vadbo in niso imeli mišično-skeletnih bolečin ali poškodb v zadnjih 12 mesecih.	1. meritev: počep z bremenom 3 RM in počep z lastno težo, do odpovedi brez elastičnega traku - 3–5 setov, vmes 4–5 minut odmora 2. meritev: počep z bremenom 3 RM in počep z lastno težo, do odpovedi z elastičnim trakom - 3–5 setov, vmes 4–5 minut odmora
Forman idr., 2021	N = 10 M; 23,9 leta	Zdravi posamezniki, ki so vadbo proti upor izvajali vsaj eno leto.	Počep s palico s 25 % teže telesa z elastičnim trakom in brez njega - 12 ponovitev za vsak pogoj, vmes 10 minut odmora
Gooyers idr., 2012	N = 12 (4 M, 8 Ž); 19–24 let	Zdravi, rekreativno aktivni študenti, z dominantno desno nogo, brez poškodb oz. disfunkcij spodnjih udov v preteklosti.	3 vaje (počep z lastno težo, skok s predhodnim spustom v počep, skok iz počepa) brez elastičnega traku, z elastičnim trakom z manjšim in s srednjim uporom - 3 ponovitve vsake vaje, vmes 15–60 sekund odmora med ponovitvami in pogoji
Reece idr., 2020	N = 26 (13 M, 13 Ž); 21,7 ± 1,3 leta	Zdravi posamezniki, starejši od 18 let, ki so vsaj 6 mesecev izvajali počepe brez elastičnega traku.	Počep s palico z 80 % bremena 1RM in s 40 % bremena 1RM brez elastičnega traku, z elastičnim trakom z manjšim in z velikim uporom - 3 ponovitve za vsak pogoj, vmes 5 minut odmora
Vardy idr., 2020	N = 23 (12 M, 11 Ž); M 22,6 ± 2,4 leta; Ž 22,6 ± 2,9 leta	Zdravi posamezniki, ki so vadbo proti upor izvajali vsaj eno leto in so znali izvesti počep s palico.	1. meritev: Določanje obremenitve 2. meritev: Počep s palico s 85 % bremena 1RM brez elastičnega traku, z elastičnim trakom z najmanjšim, s srednjim in z velikim uporom - 3 ponovitve za vsak pogoj, vmes 5 minut odmora

Opomba. N = število preiskovancev; M = moški; Ž = ženske; RM = ponovitveni maksimum.

Trenerji in zdravstveni strokovnjaki vadečim svetujejo, da pri izvedbi počepa uporabljajo elastični trak, nameščen prek distalnega dela stegen, ki služi kot proprioceptivna pomoč za ohranitev nevtralnega položaja kolen (Reece idr., 2020). V skladu s tem bi lahko domnevali, da bi med izvedbo počepa ali skoka elastični trak, nameščen prek distalnega dela stegen, spodbudil vadeče k nadzorovanju valgusa kolen (Gooyers idr., 2012). Cook idr. (1999) so preizkusili elastični trak pri športnikih s prekomernim valgusom kolen in s poškodbo sprednje križne

vezi z namenom, da sprožijo korektivne živčno-mišične odzive prek proprioceptivnih mehanizmov. V raziskavi so opisali, da naj bi pri pretiranem valgus položaju kolen med vadbo počepa ali skakanja elastični trak spodbudil vadeče, da nadzorujejo njihov položaj (Cook idr., 1999). Vendar akutni odziv na vadbo z elastičnim trakom še ni opredeljen. Prav tako še ni ugotovljena povezava med velikostjo upora elastičnega traku in velikostjo odziva posameznika glede korekcije valgusa, če ta sploh obstaja. Ena od osnovnih predpostavk je, da mišice

kolka nasprotujejo silam v smeri notranje rotacije in addukcije, ki zaradi elastičnega traku delujejo na distalni del stegen. Gooyers idr. (2012) menijo, da naj bi to okrepilo zavedanje položaja nog in s tem nadzor nad položajem kolen v frontalni ravnini.

Namen pregleda znanstvene literature je ugotoviti akutne učinke elastičnega traku, nameščenega prek distalnega dela stegen, na položaj kolen med počepom.

Metode

Iskanje literature je potekalo v podatkovni zbirki PubMed. Uporabljene so bile naslednje besede in besedne zveze v angleškem jeziku: squat AND knee, elastic band AND squat, band loop AND knee kinematics, knee kinematics AND squat, knee valgus AND squat, knee valgus AND elastic band, resistance band AND squat. V pregled literature so bile vključene raziskave, ki so ocenjevale valgus kolen med počepom, raziskave, v katerih so preiskovanci med počepom imeli nameščen elastični trak prek distalnega dela stegen, ter raziskave, v katerih so primerjali rezultate valgus položaja kolen pri izvedbi počepa z elastičnim trakom in brez njega. Vsi vključeni članki so bili v polnem obsegu objavljeni v angleškem jeziku. Besedila smo analizirali glede na vzorec preiskovancev, značilnosti raziskav (mesto nameščanja elastičnega traku, gibalni vzorec, vključitveni kriteriji, protokoli testiranja), uporabljena merilna orodja in merjene izide učinkov uporabe elastičnega traku na valgus kolenskega sklepa.

Rezultati

Na podlagi ključnih besed je bilo najdenih 18 člankov. Vključitvenim in izključitvenim kriterijem je ustrezalo 5 raziskav, objavljenih med letoma 2012 (Gooyers idr., 2012) in 2021 (Forman idr., 2021), in te so bile vključene v nadaljnjo analizo. Skupno število vseh preiskovancev v raziskavah je bilo 87, največ 26 preiskovancev (Reece idr., 2020) in najmanj 10 preiskovancev (Forman idr., 2021). V raziskavah so sodelovali zdravi preiskovanci, stari med 20 in 29 let, ki niso imeli valgusa kolen. V treh raziskavah (Gooyers idr., 2012; Reece idr., 2020; Vardy idr., 2020) so bili preiskovanci moški in ženske, v preostalih dveh raziskavah (Foley idr., 2017; Forman idr., 2021) so bili preiskovanci le moški. Za vključitev v posamezno raziskavo so morali preiskovanci izpolnjevati določene pogoje, navedeni so v Tabeli 1. Prav tako je

Tabela 2

Načini ocenjevanja valgusa kolen med počepom v posameznih raziskavah

Avtorji in leto	Postavitev markerjev in izračuni kinematičnih meritev valgusa kolen med počepom
Foley idr., 2017	Postavitev markerjev: lateralno na stopalo, golen in stegno obojestransko ter medenico in prsni koš. Kot kolenskega sklepa so izračunali kot premik stegna glede na golen. Največji in najmanjši kot kolenskega sklepa so uporabili za določitev začetka koncentrične in ekscentrične faze počepa. Izračunali so indeks širine kolen v treh različnih položajih: začetek počepa, najgloblja točka počepa in končna točka koncentrične faze počepa.
Forman idr., 2021	Postavitev markerjev: lateralno na stopalo, golen in stegno obojestransko ter posteriorno na prsni koš. Kot kolenskega sklepa so izračunali kot premik stegna glede na golen. Najmanjši in največji kot kolenskega sklepa so uporabili za določitev začetka ekscentrične in koncentrične faze počepa. Izračunali so indeks širine kolen.
Gooyers idr., 2012	Postavitev markerjev: na distalni del prve in pete metatarzalne kosti, medialno/lateralno na gleženj in kondila stegenice in lateralno na veliki trohanter. V raziskavi so izračunali dve odvisni meritvi za primerjavo. Vključevali sta: (1) indeks širine kolen in (2) največja abdukcija kolena v frontalni ravnini za desni spodnji ud (tj. dominantni).
Reece idr., 2020	Postavitev markerjev: na distalni del tretje metatarzalne kosti, posteriorno na petnico, medialno/lateralno na gleženj, lateralno na golen, medialno/lateralno na kondila stegenice, lateralno na stegno in na SIAS ter na SIPS obojestransko. Merjene parametre so analizirali v treh položajih: začetek počepa, najgloblja točka počepa in končna točka koncentrične faze počepa. Med ekscentrično in koncentrično fazo počepa pri 40 % in 80 % bremena 1 RM sta bila analizirana dva kinematična parametra spodnjega uda. Sestavljena sta iz kota kolenskega valgusa in največje rotacije golenice za levo in desno koleno.
Vardy idr., 2020	Postavitev markerjev: na dorzalni strani stopala, na goleni in stegnu obojestransko ter na medenici in prsnem košu. Kot kolenskega sklepa so izračunali kot premik stegna glede na golen. Najmanjši in največji kot kolenskega sklepa so uporabili za določitev začetka ekscentrične in koncentrične faze počepa. Izračunali so indeks širine kolen.

Opomba. SIAS = spina iliaca anterior superior; SIPS = spina iliaca posterior superior; RM = ponovitveni maksimum.

Tabela 3

Indeks širine kolen za trenirane in netrenirane preiskovance za izvedbo počepa z bremenom 3 RM in počepa z lastno težo

Foley idr., 2017		INDEKS ŠIRINE KOLEN				p-vrednost (razlike trenirani in netrenirani, z elastičnim trakom in brez njega
		Elastični trak		Brez elastičnega traku		
		Trenirani (povp. ± SO)	Netrenirani (povp. ± SO)	Trenirani (povp. ± SO)	Netrenirani (povp. ± SO)	
KONCENTRIČNA FAZA	3 RM	/	/	/	/	0,046*
	Lastna teža	/	/	/	/	
EKSCENTRIČNA FAZA	3 RM	0,69 ± 0,12	0,79 ± 0,08	0,71 ± 0,14	0,81 ± 0,07	0,482
	Lastna teža	0,76 ± 0,08	0,77 ± 0,70	0,73 ± 0,08	0,75 ± 0,13	0,670

Opomba. RM = ponovitveni maksimum; SO = standardni odklon; / = ni podatka; * statistična pomembnost ($p < 0,05$).

Tabela 4

Indeks širine kolen pri izvedbi počepa s 25 % teže telesa

Forman idr., 2021	Obremenitev	Indeks širine kolen	Elastični trak	Brez elastičnega traku	p-vrednost
KONCENTRIČNA	25 % teže telesa	povprečen	0,97 ± 0,06	0,99 ± 0,05	0,017*
FAZA		največji	1,01 ± 0,06	1,04 ± 0,05	0,031*
EKSCENTRIČNA	25 % teže telesa	povprečen	0,97 ± 0,05	1,00 ± 0,06	0,012*
FAZA		največji	1,01 ± 0,05	1,04 ± 0,06	0,025*

Opomba. Indeks širine kolen (povprečje ± standardni odklon), * statistična pomembnost ($p < 0,05$).

v Tabeli 1 podrobneje predstavljen vzorec preiskovancev v posamezni raziskavi.

Podatki so bili v treh raziskavah (Forman idr., 2021; Gooyers idr., 2012; Reece idr., 2020) zbrani pri eni meritvi in v dveh raziskavah (Foley idr., 2017; Vardy idr., 2020) pri dveh ločenih meritvah. Preiskovanci so v vseh raziskavah (Foley idr., 2017; Forman idr., 2021; Gooyers idr., 2012; Reece idr., 2020; Vardy idr., 2020) izvajali počepa z elastičnim trakom, nameščenim prek distalnega dela stegen, in brez elastičnega traku, z lastno težo in z olimpijsko palico z dodatnim bremenom. V treh raziskavah (Gooyers idr., 2012; Reece idr., 2020; Vardy idr., 2020) so bili uporabljeni elastični trakovi različnih težavnosti. V eni raziskavi (Gooyers idr., 2012) so preiskovanci izvajali tudi skoke. Podrobnejši protokoli testiranja so predstavljeni v Tabeli 1.

Za kinematično analizo gibanja v sklepih skozi celoten počep so v treh raziskavah (Gooyers idr., 2012; Reece idr., 2020; Vardy idr., 2020) uporabili Vicon Nexus system (Vicon, Oxford, Velika Britanija) in v dveh raziskavah (Foley idr., 2017; Forman idr., 2021) 3D Investigator active motion capture systems (Northern Digital Inc., Waterloo, ON, Canada). Za ocenjevanje valgusa kolen med počepom z elastičnim trakom ali brez njega so v raziskavah uporabili markerje. Postavitve markerjev v posamezni raziskavi je podrobneje opisana v Tabeli 2. Valgus kolen so izračunali z indeksom širine kolen (angl. *Knee width index*), ki pomeni razdaljo med lateralnima epikondiloma stegenice, deljeno z razdaljo med lateralnima gležnjema (Foley idr., 2017; Forman idr., 2021; Gooyers idr., 2012; Vardy idr., 2020), oziroma so izmerili kot največjega valgusa kolen (Reece idr., 2020).

Foley idr. (2017) so ugotovili, da elastični trak med ekscentrično fazo počepa ni vplival na položaj kolen pri počepu z lastno težo in pri počepu z bremenom 3 ponovitevni maksimumov (RM) (angl. *repetition maximum*) ne v skupini treniranih preiskovancev ne v skupini netreniranih preiskovancev. Statistično pomembne razlike so se pojavile med koncentrično fazo počepa, tako v skupini treniranih kot v skupini netreniranih preiskovancev, kjer je bil indeks širine kolen nižji pri počepu z bremenom 3RM v primerjavi s počepom z lastno težo.

V raziskavi Forman idr. (2021) se je indeks širine kolen z uporabo elastičnega traku statistično pomembno zmanjšal, kar pomeni večji valgus kolen med obema faza-

Tabela 5

Indeks širine kolen pri počepu z lastno težo, skoku s predhodnim spustom v počep in skoku iz počepa

		INDEKS ŠIRINE KOLEN			p-vrednost		
Goyers idr., 2012	Kot kolena v sagitalni ravnini (°)	Elastični trak s srednjim uporom (1) (povp. ± SO)	Elastični trak z manjšim uporom (2) (povp. ± SO)	Brez elastičnega traku (3) (povp. ± SO)	Pogoj	Statistična pomembnost	
KONCENTRIČNA FAZA	Počep z lastno težo	75–55	0,85 ± 0,04	0,84 ± 0,04	0,87 ± 0,04	/	/
		55–35	0,83 ± 0,01	0,82 ± 0,02	0,84 ± 0,03	1 3	0,003*
		< 35	0,79 ± 0,01	0,79 ± 0,01	0,80 ± 0,01	2 3	< 0,05*
	Skok s predhodnim spustom v počep	75–55	0,82 ± 0,02	0,81 ± 0,03	0,88 ± 0,02	1 3	< 0,05*
		55–35	0,82 ± 0,02	0,82 ± 0,02	0,87 ± 0,02	2 3	< 0,05*
		< 35	0,79 ± 0,02	0,79 ± 0,02	0,81 ± 0,02	1 3	< 0,05*
	Skok iz počepa	75–55	0,83 ± 0,02	0,82 ± 0,02	0,84 ± 0,02	/	/
		55–35	0,82 ± 0,02	0,81 ± 0,02	0,83 ± 0,02	/	/
		< 35	0,80 ± 0,01	0,78 ± 0,02	0,79 ± 0,02	/	/
	EKSCENTRIČNA FAZA	Počep z lastno težo	< 35	0,79 ± 0,01	0,79 ± 0,01	0,79 ± 0,01	/
		35–55	0,84 ± 0,03	0,83 ± 0,03	0,85 ± 0,04	/	/
		55–70	0,89 ± 0,02	0,88 ± 0,03	0,90 ± 0,03	/	/
		> 75	0,96 ± 0,04	0,95 ± 0,05	0,97 ± 0,04	/	/
Skok s predhodnim spustom v počep		< 35	0,78 ± 0,01	0,78 ± 0,01	0,79 ± 0,01	/	/
		35–55	0,80 ± 0,02	0,80 ± 0,02	0,82 ± 0,01	1 3	< 0,05*
		55–70	0,82 ± 0,02	0,82 ± 0,03	0,87 ± 0,02	/	/
		> 75	0,90 ± 0,03	0,92 ± 0,04	0,93 ± 0,02	/	/
Skok iz počepa		< 35	/	/	/	/	/
		35–55	/	/	/	/	/
	55–70	/	/	/	/	/	
	> 75	0,88 ± 0,02	0,89 ± 0,02	0,90 ± 0,02	/	/	

Opomba. 1 = elastični trak s srednjim uporom; 2 = elastični trak z manjšim uporom; 3 = brez elastičnega traku; SO = standardni odklon; * statistična pomembnost (p < 0,05).

ma (koncentrično in ekscentrično) počepa. Preiskovanci so imeli bolj nevtralen položaj kolen pri počepu brez elastičnega traku. Rezultati so prikazani v Tabeli 4.

Gooyers idr. (2012) so ugotovili, da se je valgus kolen z uporabo elastičnega traku v koncentrični fazi počepa z lastno težo in skoka s predhodnim spustom v počep statistično pomembno povečal, in sicer večji je bil upor elastičnega traku, večji je bil tudi valgus kolen. Rezultati so prikazani v Tabeli 5.

Reece idr. (2020) so ugotovili, da je bil valgusni kot največji med koncentrično in ekscentrično fazo počepa s 40 % in z 80 % bremena 1RM, ko je bil uporabljen elastični trak z velikim uporom, in najmanjši, ko je bil počep izveden brez elastičnega traku in so bile razlike tudi statistično značilne tako na levem kot desnem spodnjem ud. Na levem spodnjem ud je bil valgusni kot med koncentrično in ekscentrično fazo počepa s 40 % in z 80 % bremena 1RM statistično

značilno manjši, ko je bil počep izveden brez elastičnega traku v primerjavi s počepom z elastičnim trakom z manjšim uporom. Podrobnejši rezultati so prikazani v Tabeli 6 z največjim valgusnim kotom kolen.

Vardy idr. (2020) ugotavljajo, da je med ženskami in moškimi prišlo do statistično pomembnih razlik pri vseh težavnostnih stopnjah trakov ter tudi pri izvedbi počepa brez elastičnega traku. Ženske so v povprečju imele večji valgus kolen v primerjavi z moškimi, ta se je s povečevanjem upora elastičnega traku večal. Pri obeh spolih se je z uporabo elastičnega traku med počepom valgus kolen povečal – večji je bil upor elastičnega traku, večji je bil valgus kolen. Podrobnejši rezultati so prikazani v Tabeli 7.

Razprava

Namen članka je bil na podlagi pregleda literature ugotoviti, ali lahko z namešča-

Tabela 6

Največji valgus kolen pri počepu s 40 % in z 80 % bremena 1 RM za levi in desni spodnji ud

					Primerjava počepov s			
Reece idr., 2020	Elastični trak z veli-Elastični trak z manj- Brez elastičnega			40 % in z 80 % 1 RM				
		kim uporom (1)	šim uporom (2)	traku (3)	(p-vrednost)			
		(povp. ± SN)	(povp. ± SN)	(povp. ± SN)	Pogoj	Statistična pomembnost		
KONCENTRIČNA FAZA	40 % 1RM	L	3,98 ± 0,70	3,83 ± 0,75	2,85 ± 0,61	1 3 3 2 2 1	0,000* 0,001* 0,555	
		Največji valgus kolena (°)	D	3,98 ± 0,72	3,54 ± 0,66	2,95 ± 0,70	1 3 3 2 2 1	0,000* 0,018* 0,056
			L	3,44 ± 0,82	3,08 ± 0,84	2,60 ± 0,85	1 3 3 2 2 1	0,023* 0,045* 0,309
	80 % 1RM	D	4,75 ± 0,75	4,18 ± 0,76	3,81 ± 0,79	1 3 3 2 2 1	0,001* 0,169 0,007*	
			Največji valgus kolena (°)	L	3,64 ± 0,70	3,46 ± 0,75	2,76 ± 0,66	1 3 3 2 2 1
		D		3,98 ± 0,71	3,55 ± 0,70	3,24 ± 0,75	1 3 3 2 2 1	0,004* 0,160 0,067
EKSČENTRIČNA FAZA	40 % 1RM	Največji valgus kolena (°)	L	2,98 ± 0,79	2,75 ± 0,83	2,13 ± 0,89	1 3 3 2 2 1	0,026* 0,033* 0,495
			D	4,63 ± 0,78	4,05 ± 0,78	3,70 ± 0,83	1 3 3 2 2 1	0,001* 0,156 0,003*
		80 % 1RM	D	4,63 ± 0,78	4,05 ± 0,78	3,70 ± 0,83	1 3 3 2 2 1	0,001* 0,156 0,003*
	Največji valgus kolena (°)			L	2,98 ± 0,79	2,75 ± 0,83	2,13 ± 0,89	1 3 3 2 2 1
			D	4,63 ± 0,78	4,05 ± 0,78	3,70 ± 0,83	1 3 3 2 2 1	0,001* 0,156 0,003*

Opomba. 1 = elastični trak z velikim uporom; 2 = elastični trak z manjšim uporom; 3 = brez elastičnega traku; L = levi spodnji ud; D = desni spodnji ud; RM = ponovitveni maksimum; SN = standardna napaka; * statistična pomembnost ($p < 0,05$).

Tabela 7

Primerjava indeksa širine kolen pri počepu med spoloma

Vardy idr., 2020		INDEKS ŠIRINE KOLEN (povprečje ± SO)				p-vrednost (razlike glede na upor elastičnega traku)	
Spol	Obremenitev	Elastični trak			Brez elastičnega traku (4)	Pogoj	Statistična pomembnost
		Velik upor (1)	Srednji upor (2)	Najmanjši upor (3)			
Ž	85 % 1 RM	0,92 ± 0,03	0,93 ± 0,03	0,94 ± 0,04	0,96 ± 0,03	1 2 1 3	0,004* < 0,001*
M	85 % 1 RM	0,95 ± 0,03	0,98 ± 0,03	0,98 ± 0,03	0,99 ± 0,02	1 4 2 4	< 0,001* 0,005*
p-vrednost (razlike glede na spol)		< 0,05*	0,015*	0,001*	0,001*		

Opomba. 1 = elastični trak z velikim uporom; 2 = elastični trak s srednjim uporom; 3 = elastični trak z najmanjšim uporom; 4 = brez elastičnega traku; Ž = ženske; M = moški; RM = ponovitveni maksimum; SO = standardni odklon; * statistična pomembnost ($p < 0,05$).

njem elastičnega traku prek distalnega dela stegen vplivamo na položaj kolen in zmanjšamo valgus med počepom. Avtorji so v analiziranih raziskavah spremljali vpliv elastičnega traku med koncentrično in ekscentrično fazo počepa na položaj kolena v smeri valgusa. Raziskave so si bile metodo-

loško podobne, saj so preiskovanci v vseh raziskavah izvajali počepe z lastno težo in z dodatnim bremenom ali skoke z elastičnim trakom in brez njega.

Foley idr. (2017) so ugotovili, da elastični trak ne poveča valgus položaja kolen v ek-

scentrični fazi počepa z bremenom 3 RM in počepa z lastno težo pri trenirani in netrenirani skupini. Med koncentrično fazo pa je bil indeks širine kolen nižji pri počepu z bremenom 3 RM neodvisno od elastičnega traku tako pri skupini treniranih preiskovancev kot tudi netreniranih preiskovancev. Forman idr. (2021) ter Vardy idr. (2020) pa so prišli do drugačnih ugotovitev, saj se je indeks širine kolen z uporabo elastičnega traku zmanjšal, kar pomeni večji valgus kolen med obema fazama (koncentrično in ekscentrično) počepa. Torej, večji je upor elastičnega traku, manjši je indeks širine kolen in večje je lahko tveganje za poškodbo kolen. Preiskovanci so imeli bolj nevtralen položaj kolen pri počepu brez elastičnega traku (Forman idr., 2021; Vardy idr., 2020). Prav tako tudi Reece idr. (2020) ugotavljajo, da je bil valgusni kot največji med koncentrično in ekscentrično fazo počepa, ko je bil uporabljen elastični trak z velikim uporom, in najmanjši, ko je bil počep izveden brez elastičnega traku. V obeh fazah počepa je elastični trak povečal največji valgusni kot in notranjo rotacijo tibije pri počepu s 40 % in z 80 % bremena 1 RM. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Gooyers idr. (2012), ki menijo, da elastični trak ne spodbuja nevtralnega položaja kolen med počepom in različnimi skoki. Elastični trak s srednjim uporom je povzročil prekomeren medialni potisk kolen med koncentrično fazo pri skoku s predhodnim spustom v počep. Ta odziv je bil enoten pri vseh preiskovancih ne glede na spol. V nasprotju s tem so Vardy idr. (2020) ugotovili, da so ženske med počepom imele večji valgus kolen kot moški pri vseh pogojih, ne glede na to, ali so uporabili elastični trak ali ne. Prav tako so tudi Wallace idr. (2008) ugotovili, da imajo med počepanjem ženske večji valgus kolen v primerjavi z moškimi. Mehls idr. (2020) so dokazali, da moški bolj kot ženske aktivirajo m. biceps femoris med počepom s palico, kar bi lahko vplivalo na manjši valgus kolen med počepom.

Preiskovanci so ob začetku testiranja dobili zelo malo informacij o načinu izvajanja gibalnih vzorcev, hkrati pa niso prejeli niti povratnih informacij med izvedbo. Morda bi bili izidi takojšnje biomehanske prilagoditve drugačni, če bi bila zagotovljena navodila za specifičen cilj naloge oziroma povratne informacije o izvedbi aktivnosti, zato bo v prihodnosti treba raziskati tudi vpliv povratnih informacij oziroma navodil o izvedbi aktivnosti v povezavi z živčno-mišičnimi in biomehanskimi prilagoditvami (Gooyers idr., 2012). Čeprav so preiskovanci

med počepom kolena potiskali navzven, je lahko elastični trak nudil prevelik upor, da bi to lahko dosegli. Zlasti zato, ker udeleženci niso nikoli uporabljali elastičnega traku med izvedbo počepov, kar pomeni, da abduktorji kolka morda niso bili dovolj zmogljivi, da bi se zoperstavili silam, ki jih je povzročal elastični trak (Reece idr., 2020). Vardy idr. (2020) pa so poročali o postavitvi stopal, ki so jo morali preiskovanci doseči, in sicer je bilo navodilo, da stopala postavijo nekoliko širše od širine ramen, kar pomeni, da je široka stoja preiskovancev povzročila večji upor elastičnega traku med počepom, kot bi jo sicer, v primerjavi s stojo, kjer so stopala v širini ramen, kar pa je lahko vplivalo tudi na rezultate raziskave. Omejitev v raziskavi Reece idr. (2020) je bila nenadzorovana globina počepa, kar pomeni, da so preiskovanci lahko dosegali različno globino pri različnih pogojih izvedbe počepa in s tem ustvarili možnost vpliva na izid raziskave. Dodati je treba tudi omejitve našega izbora in analize literature, saj smo iskali samo raziskave v angleškem jeziku in pregledali le eno podatkovno zbirko.

Po pregledu vključenih raziskav lahko zaključimo, da se z večanjem bremena pri počepu povečuje tudi valgus kolen, kot se poveča tudi z uporabo elastičnega traku. To pomeni, da je valgus kolen največji pri kombinaciji dodatnega bremena med počepom in uporabo elastičnega traku. Čeprav je elastični trak povečal valgusni kot kolen, je lahko še vedno deloval kot proprioceptivni pripomoček, zato bi bilo treba spremljati dolgoročne učinke (Reece idr., 2020), saj so pregledane raziskave do zdaj spremljale le akutne učinke elastičnega traku na položaj kolen med počepom. Trenerji, ki želijo uporabljati elastične trakove za spodbujanje nevtralnega položaja kolen, lahko dosežejo več pozitivnih rezultatov, če uporabijo elastične trakove z manjšim uporom in zahtevnost elastičnih trakov prilagajajo posameznikom (Forman idr., 2021).

■ Zaključek

Vsi avtorji pregledanih raziskav so spremljali le akutne učinke elastičnega traku na položaj kolen med počepom. Če primerjamo rezultate o izvedbi počepa z lastno težo in dodatnim bremenom ali skoki brez elastičnega traku, ugotovimo, da težje ko je breme med počepom, večji je valgus kolen, kljub temu, da so preiskovanci do zdaj že izvajali počepe oziroma vadbo proti upor. Če pa primerjamo rezultate med izvedbo

počepa z elastičnim trakom in brez njega, ugotovimo, da se z uporabo elastičnega traku valgus kolen poveča. Velja pa tudi: večji je upor elastičnega traku, večji je valgus kolen. Morda je razlog v tem, da preiskovanci niso imeli izkušenj z uporabo elastičnih trakov med izvajanjem počepa in niso dobili povratnih informacij oziroma navodil o izvedbi aktivnosti. Če povzamemo vse rezultate pregledanih raziskav, lahko zaključimo, da se z večanjem bremena pri počepu povečuje tudi valgus kolen, kot se poveča tudi pri uporabi elastičnega traku. To pomeni, da je valgus kolen največji pri kombinaciji dodatnega bremena med počepom in uporabi elastičnega traku, kar je izrazitejši predvsem v koncentrični fazi počepa. Ker so dosedanje raziskave spremljale le akutne učinke elastičnega traku, bi bilo smiselno v prihodnje raziskati dolgoročne učinke vadbe z elastičnim trakom na položaj kolena med počepom, saj bi bili izidi lahko drugačni od trenutno predstavljenih rezultatov.

■ Literatura

1. Bell, D. R., Vesci, B. J., DiStefano, L. J., Guskiwicz, K. M., Hirth, C. J. in Padua, D. A. (2012). Muscle activity and flexibility in individuals with medial knee displacement during the overhead squat. *Athletic Training & Sports Health Care*, 4(3), 117–125.
2. Cook, G., Burton, L. in Fields, K. (1999). Reactive neuromuscular training for the anterior cruciate ligament-deficient knee: A case report. *Journal of Athletic Training*, 34(2), 194–201.
3. Foley, R. C. A., Bulbrook, B. D., Button, D. C. in Holmes, M. W. R. (2017). Effects of a band loop on lower extremity muscle activity and kinematics during the barbell squat. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(4), 550–559.
4. Ford, K. R., Myer, G. D. in Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(10), 1745–1750.
5. Forman, D. A., Forman, G. N., Button, D. C. in Holmes, M. W. R. (2021). Theraband™ clx gold reduces knee-width index and range of motion during overhead, barbell squatting. *Sports Biomechanics*, 20(2), 198–212. doi: 10.1080/14763141.2018.1537371
6. Geiser, C. F., O'Connor, K. M. in Earl, J. E. (2010). Effects of isolated hip abductor fatigue on frontal plane knee mechanics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 535–545.
7. Gooyers, C. E., Beach, T. A. C., Frosti, D. M. in Callaghan, J. P. (2012). The influence of resis-

tance bands on frontal plane knee mechanics during body-weight squat and vertical jump movement. *Sports Biomechanics*, 11(3), 391–401. doi: 10.1080/14763141.2012.654503

8. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V. in Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *The American journal of sports medicine*, 33(4), 492–501.
9. Hollman, J. H., Galardi, C. M., Lin, I. H., Voth, B. C. in Whitmarsh, C. L. (2014). Frontal and transverse plane hip kinematics and gluteus maximus recruitment correlate with frontal plane knee kinematics during single-leg squat tests in women. *Clinical Biomechanics*, 29(4), 468–474.
10. Isear, J. J., Erickson, J. C. in Worrell, T. W. (1997). EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(4), 532–539.
11. Kritz, M., Cronin, J. in Hume, P. (2009). The bodyweight squat: A movement screen for the squat pattern. *Strength & Conditioning Journal*, 31(1), 76–85.
12. Macrum, E., Bell, D. R., Boling, M., Lewek, M. in Padua, D. (2012). Effect of limiting ankle dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(2), 144–150.
13. Mehls, K., Grubbs, B., Jin, Y. in Coons, J. (2020). Electromyography comparison of sex differences during the back squat. *Journal of strength and conditioning research*, 20(10), 1–4.
14. More, R. C., Karras, B. T., Neiman, R., Fritschy, D., Woo, S. L. in Daniel, D. M. (1993). Hamstrings - an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(2), 231–237.
15. Myer, G. D., Ford, K. R., Mclean, S. G. in Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 445–455.
16. Neumann, D. A. (2002). Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation (1st ed.). Mosby.
17. Reece, M. B., Arnold, G. P., Nasir, S., Wang, W. W. in Abbound, R. (2020). Barbell back squat: how do resistance bands affect muscle activation and knee kinematics?. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 6(1), 1–9. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000610
18. Slater, L. V. in Hart, J. M. (2016). Muscle activation patterns during different squat techniques. *The Journal of Strength and Condi-*

- oning Research, 31(3), 667–676. doi: 10.1519/JSC.0000000000001323
19. Vardy, L. C., Alizadeh, S., Forman, G., Holmes, M. in Button, D. C. (2020). Theraband™ CLX gold reduces knee-width index but increases gluteus medius activity during the barbell back squat [Magistrsko delo]. *Memorial University of Newfoundland, School of Human Kinetics and Recreation*, 31–61. Pridobljeno s <https://research.library.mun.ca/14875/1/thesis.pdf>
 20. Wallace, B. J., Kernozek, T. W., Mikat, R. P., Wright, G. A., Simons, S. Z. in Wallace, K. L. (2008). A comparison between back squat exercise and vertical jump kinematics: implications for determining anterior cruciate ligament injury risk. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1249–1258.
- dr. Polona Palma, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana
polona.palma@zf.uni-lj.si